

# RELATÓRIO DE CORRENTOMETRIA

PROSUB EBN

BAÍA DE SEPETIBA - RJ



Outubro de 2011

## Índice

1 – Introdução.....	1
2 – Justificativa .....	1
3 – Objetivos.....	1
3.1 – Objetivo geral.....	1
3.2 – Objetivos específicos .....	2
4 – Metodologia e Critérios Utilizados .....	2
4.1 – Medições com os Correntômetros Acústicos FSI 2D-ACM .....	3
4.2 – Medições com o ADP Argonaut XR 750Mhz .....	4
4.2 – Medições com os ADCP LinkQuest FQ 1000 fundeados .....	5
4.3 – Medições com o ADCP LinkQuest FQ 1000 embarcado.....	7
5 – Período Coberto pelas Medições e Descrição da área .....	8
6 – Resultados.....	10
6.1 – Resultados das medições nos fundeios .....	11
6.2 – Resultados das medições embarcadas nos Transectos T1 e T2 .....	17
6.4 - Análise estatística das medições correntométricas .....	20
7 – Conclusões .....	25
8 – Composição da Equipe .....	26
Anexo 1 – Representação gráfica da velocidade da corrente ao longo da coluna da água - Baía de Sepetiba – Ponto 3 - 08 a 20/08/11 .....	27
Anexo 2 – Representação gráfica da direção da corrente ao longo da coluna da água - Baía de Sepetiba – Ponto P3 - 08 a 20/08/11.....	28
Anexo 3 – Representação gráfica da maré - Baía de Sepetiba – Ponto P1 - 06/08 a 13/09/11 (sensor do ADCP a 8m prof. médios).....	29
Anexo 4 – Representação gráfica da maré - Baía de Sepetiba – Ponto P3 – 06/08 a 13/09/11 (sensor do ADCP a 16m prof. médios) .....	30
Anexo 5 – Cópia do Cadastro Técnico Federal da Hidrosfera (CTF IBAMA) .....	31
Anexo 6 – Cópia digital dos dados brutos pós-processados – PROSUB EBN (P1,P2, P3,P4)	32

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Características dos equipamentos utilizados .....	2
Tabela 2: datas de instalação e medição dos equipamentos correntômetros utilizados.....	8
Tabela 3: Coordenadas UTM e geográficas dos pontos de correntometria PROSUB / EBN ...	10
Tabela 4: declinação magnética de Itaguaí (RJ) no período de medições .....	12
Tabela 5: Estatística geral dos dados do ponto P1 .....	20
Tabela 6: Estatística geral dos dados dos pontos P2 .....	21
Tabela 7: Estatística geral dos dados dos pontos P3 .....	22
Tabela 8: Estatística geral dos dados dos pontos P4 .....	23
Tabela 9: Estatística descritiva dos dados de maré enchente e vazante (P1 a P4) .....	24

## Lista de Figuras

Figura 1: Correntômetro FSI 2D-ACM .....	4
Figura 2: ADP Sontek Argonaut XR 750Mhz.....	5
Figura 3: ADCP FQ 1000 do Ponto 4 .....	6
Figura 4: Medição ADCP embarcado – á direita, equipamento no detalhe .....	7
Figura 5: posição dos 4 pontos de medição na Baía de Sepetiba.....	9
Figura 6: posição dos 2 transectos para medição do ADCP embarcado (Google Earth).....	10
Figura 7 - Medições do Ponto P1 .....	13
Figura 8 – Diagrama de freqüência do Ponto P1 .....	13
Figura 9 - Medições Ponto P 2 .....	14
Figura 10 - Diagrama de freqüência do Ponto P 2 .....	14
Figura 11 - Medições Ponto P 3 .....	15
Figura 12 - Diagrama de freqüência do Ponto P 3 .....	15
Figura 13 - Medições Ponto P 4 .....	16
Figura 14 - Diagrama de freqüência do Ponto P 4 .....	16
Figura 15 – Medições e leitura de dados em tempo real – Transecto 1.....	18
Figura 16 – Medições e leitura de dados em tempo real – Transecto 2.....	18
Figura 17: Histograma geral dos dados do ponto P1 .....	20
Figura 18: Histograma geral dos dados do ponto P2 .....	21
Figura 19: Histograma geral dos dados do ponto P3 .....	22
Figura 20: Histograma geral dos dados do ponto P4 .....	23

## **1 – Introdução**

A Hidrosfera Oceanografia e Meio Ambiente Ltda., sediada no município do Rio de Janeiro, foi contratada pela empresa Odebrecht para realizar medições de corrente da água da saída da Baía de Sepetiba, objetivando obter dados de caracterização da sua hidrodinâmica e possibilitar futura modelagem hidrodinâmica.

As medições foram executadas em 4 pontos, compreendidos entre a Ilha da Madeira e entorno do Porto de Itaguaí e a saída da Baía de Sepetiba (entre a Ilha da Pombeba e a Ilha de Jaguanum), demarcados a partir de modelagem hidrodinâmica realizada para o EIA RIMA do empreendimento.

Para realização deste trabalho foram utilizados equipamentos apropriados ao objetivo pretendido (correntômetros e ADCP's), sendo os dados posteriormente pós-processados em escritório para organização dos resultados, padronização de medidas e de parâmetros, e retirada de resultados espúrios ou errôneos.

Este trabalho foi contratado e administrado pela empresa Odebrecht SA, que operacionaliza a construção do estaleiro e base naval dos submarinos para a Marinha do Brasil.

## **2 – Justificativa**

O estudo de correntometria está incluído no escopo de atividades e ações planejadas para estudar o comportamento a longo prazo da hidrodinâmica da parte oeste da Baía de Sepetiba, local principal de entrada e saída da água e dos navios que demandam os portos desta baía.

## **3 – Objetivos**

### **3.1 – Objetivo geral**

Este trabalho objetiva obter dados de velocidade e direção da corrente de maré da Baía de Sepetiba, em 4 pontos pré-determinados, para possibilitar o entendimento de sua hidrodinâmica.

### 3.2 – Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Verificação das velocidades e direções da corrente nos períodos de maré enchente e vazante;
- Identificação das maiores forçantes hidrodinâmicas, utilizando período de maré sizígia para as medições.

### 4 – Metodologia e Critérios Utilizados

Para o objetivo principal, foram utilizados 3 tipos de equipamentos para efetuar as medições deste trabalho (Tabela 1):

- 03 FSI 2D-ACM, acústico, com estrutura metálica de proteção, peso aproximado=12kg;
- 01 ADP Sontek Argonaut XR 750MHz com bateria, peso aproximado=7kg.
- 03 ADP LinkQuest FQ 1000MHz com bateria, peso aproximado=14kg

Tabela 1: Características dos equipamentos utilizados

<b>Correntômetro FSI 2D-ACM</b>		<b>Fabricante: Falmouth Scientific, Inc.</b>		
<b>Sensor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Acurácia</b>	<b>Resolução</b>
<b>Direção</b>	Acústico	0° a 360°	2 % ou 1 cm/s	0,01 cm/s
<b>Velocidade</b>	Magnetômetro de 3 eixos	0 a 600 cm/s	$\pm 2^\circ$	0,01 °
<b>Alcance máximo</b>	7000m (perfilagem)			
<b>ADP Argonaut XR</b>		<b>Fabricante: Sontek YSI Inc.</b>		
<b>Sensor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Acurácia</b>	<b>Resolução</b>
<b>Direção</b>	Acústico	0° a 360°	1 % ou 0,5 cm/s	0,1 cm/s
<b>Velocidade</b>	Transdutor de 3 eixos	0 a 6 m/s	$\pm 2^\circ$	0,1 °
<b>Alcance máximo</b>	40m (dependendo das condições ambientais)			

ADCP FQ 1000		Fabricante: LinkQuest		
	Tipo	Escala	Acurácia	Resolução
<b>Direção</b>	Acústico (ADCP)	0° a 360°	± 2 °	0,1 °
<b>Velocidade</b>	Transdutor de 4 feixes	0 a 10,28 m/s	0,25 % ou 2,5 mm/s	0,1 cm/s
<b>Alcance máximo</b>	40m (dependendo das condições ambientais)			

Uma das unidades FQ 1000 é dotado de “*bottom tracking*” (“rastreamento de fundo”), que permitiu seu uso embarcado para medição de dados de descarga no Canal de Itacuruçá e entre as Ilhas da Madeira e Martins.

Paralelamente, foram utilizados outros equipamentos e acessórios na operação:

- rádio VHF portátil, binóculo 7x25, GPS Garmin 72, sonda portátil de mão System PX;
- cabos diversos para amarração, pilhas e baterias, 1 inversor de corrente DC-AC 700w;
- 2 laptops (1 Acer Core 2 Duo 6400, 1 Sony VAIO Core 2 Duo 6400), softwares aquisição.

#### 4.1 – Medições com os Correntômetros Acústicos FSI 2D-ACM

Os correntômetros acústicos FSI 2D-ACM (Fig. 1) foram instalados em fundeios nos pontos 1, 3 e 4 em 02 de junho de 2011, enquanto eram adquiridos os ADCP da instalação definitiva destes pontos. Estes equipamentos ficaram instalados até dia 06 de agosto, quando foram substituídos pelos FQ 1000, sendo vistoriados a cada 15 dias, aproximadamente, para vistoria e manutenção, além da coleta dos dados. Ao final de cada período de medição, os equipamentos eram levantados da água para limpeza e coleta dos dados, quando eram conectados via cabo à computador portátil para descarga dos dados adquiridos. Posteriormente eram reinstalados nos seus respectivos pontos de fundeio, ligados a poita de concreto e bóia sub-superficial.

Os equipamentos foram colocados na água com um lastro de 30 kg preso na sua ponta inferior, e conectados por cabo de 1m a uma bóia de 30cm de diâmetro, para ficarem o mais vertical possível, contrabalançando a força de corrente que atua no conjunto. A profundidade dos correntômetros na água foi de aproximadamente 5m nos pontos P1 e P4 (os mais rasos) e 10m no ponto P3.

As medições foram configuradas para o mesmo intervalo pré-programado (a cada 1 hr), para comparar com as medições dos ADCP. Cada uma dos seus registros equivale à média de 1,5 min de medições, já corrigido pelas eventuais variações de inclinação do equipamento (*tilt angle and velocity*), que pode ser causada pelo aumento da velocidade da corrente.

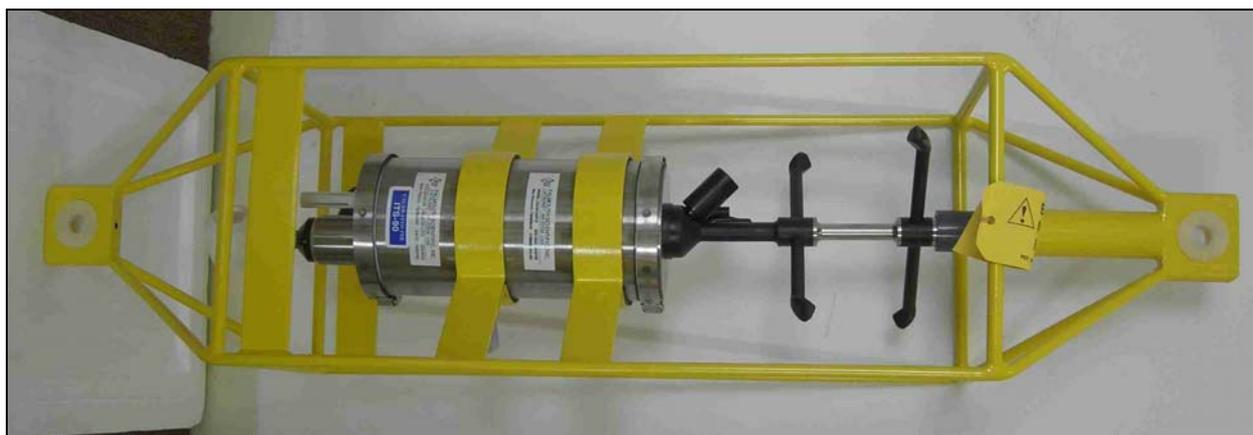


Figura 1: Correntômetro FSI 2D-ACM

#### 4.2 – Medições com o ADP Argonaut XR 750Mhz

O ADP Sontek Argonaut XR foi colocado no fundo da Baía de Sepetiba, na posição do Ponto 2, a Norte da Ilha do Martins. Suas medições foram configurados para acontecer ininterruptamente a intervalos de medições de 1hr, a partir de 02/06/11.

Para possibilitar sua instalação no fundo, o equipamento foi fixado sobre grade de alumínio com lastro, de dimensões aproximadas 50cm (compr.) x 80cm (largura), pesando o conjunto aproximadamente 30 kg (Fig. 2). A profundidade média do equipamento na água foi de 20m, conforme altura da maré no momento.

O Ponto 2 é o local com maior movimentação de embarcações da malha amostral do presente projeto, sendo sua localização passível de modificação, dependendo da evolução e ações desenvolvidas pelas operações de dragagem, manobra, fundeio e instalação dos Portos de Itaguaí e Porto Sudeste.



Figura 2: ADP Sontek Argonaut XR 750Mhz

#### 4.2 – Medições com os ADCP LinkQuest FQ 1000 fundeados

Os ADCP FQ 1000 foram instalados no dia 06/08/11 em fundeios dos Pontos 1, 3 e 4, substituindo os correntômetros, conforme objetivo final e metodologia solicitada para este estudo. A leitura dos dados medidos foi configurada para um intervalo de medições de 1hr, 24 hrs por dia, entre 06/08/11, até o final do primeiro período de medição trimestral, 02/09/11.

Os equipamentos foram configurados para realizar medições em 07 camadas (*bins*), distribuídas ao longo da coluna da água a partir do fundo, posição do equipamento (camadas 1 a 2 = fundo, 3 a 5 = meia água, 6 e 7 = camadas superficiais).

Os equipamentos foram montados em tripé de alumínio com 3 lastros de 12kg, de dimensões aproximadas 70cm (altura) x 100cm (diâmetro do tripé), pesando o conjunto em torno de 55 kg, aproximadamente (Fig. 3 – ADCP P4). A profundidade média dos equipamentos na água foi de 7m em P1 e P4, e 16m em P3, conforme altura da maré no momento.

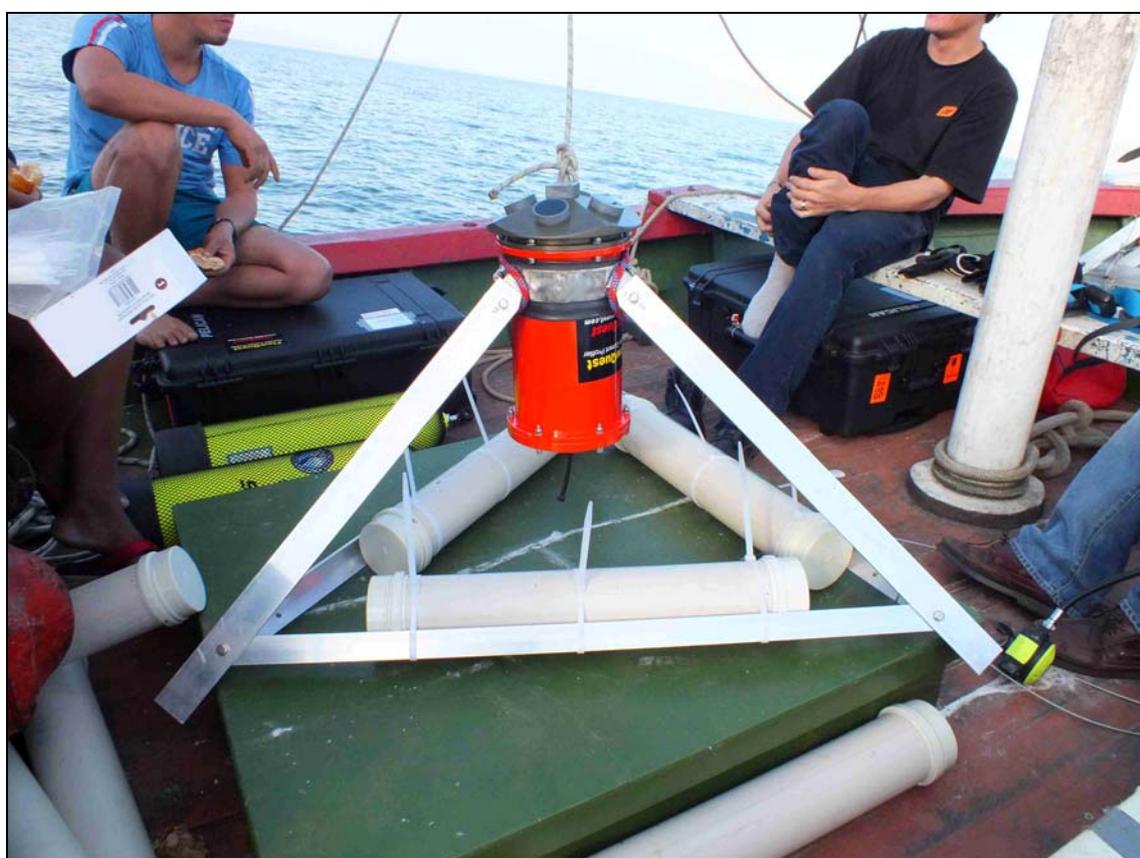


Figura 3: ADCP FQ 1000 do Ponto 4

#### 4.3 – Medições com o ADCP LinkQuest FQ 1000 embarcado

Em 02/07/11 foi executado levantamento correntométrico com a unidade ADCP dotada de *bottom tracking*, para levantar dados de corrente e descarga/vaz líquida, a fim de estimar o tempo de residência no Saco da Coroa Grande, contíguo ao PROSUB / EBN.

O equipamento foi instalado com suporte vertical na borda lateral direita (boreste) da embarcação (Mestre São José – Itaguaí / RJ), virado para baixo (Fig. 4), sendo conectado a computador portátil e GPS para coleta dos dados em tempo real.

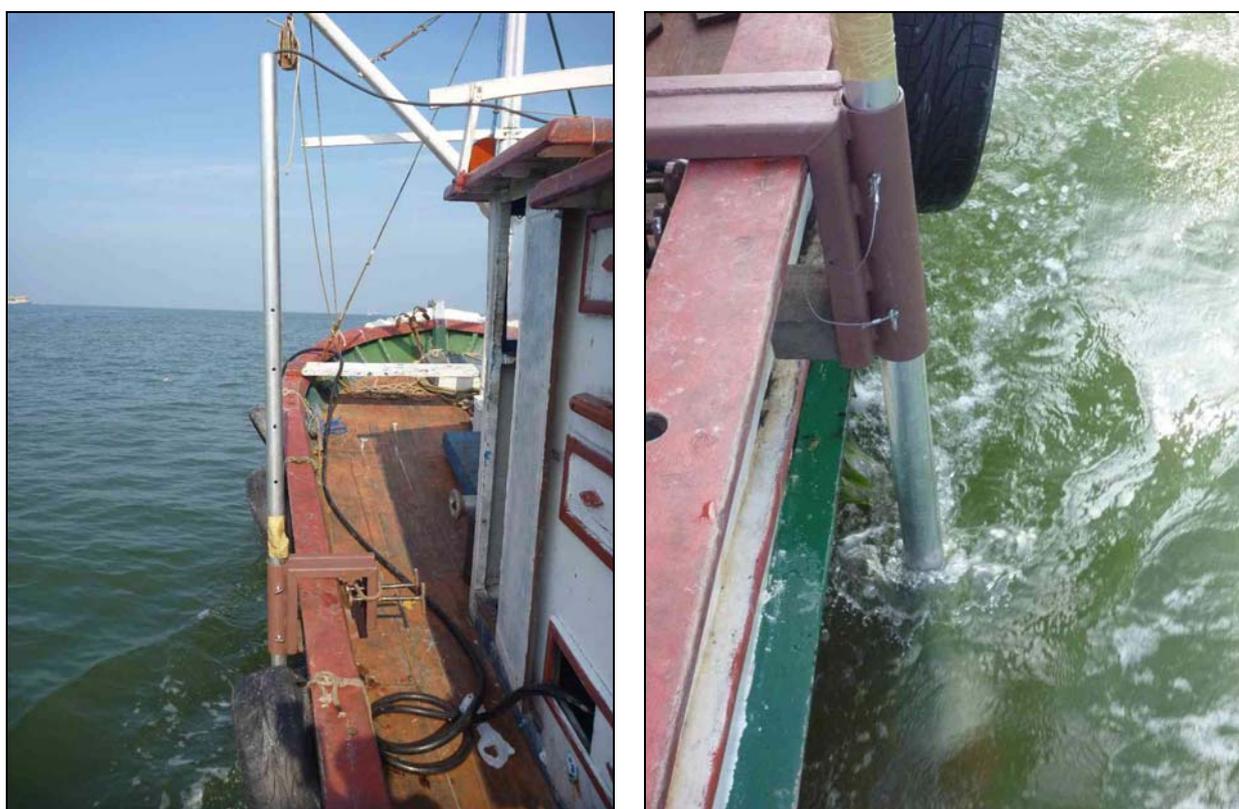


Figura 4: Medição ADCP embarcado – à direita, equipamento no detalhe

Os dois locais originalmente concebidos para este levantamento eram situados em águas muito rasas, sendo solicitada mudança para possibilitar a coleta de dados, sob pena de não ser possível responder ao objetivo do trabalho. Convém lembrar que para possibilitar medições com o ADCP embarcado, o barco deve navegar em linha reta (difícil quando a água corre mais), e idealmente não deve passar do dobro da velocidade da corrente (praticamente impossível quando a maré está correndo menos). Esta última condição foi discutida com especialistas e é particularmente difícil de obter

no ambiente estudado, onde as maiores velocidades de corrente não passam de 1,5 nós em média.

## 5 – Período Coberto pelas Medições e Descrição da área

Este trabalho de correntometria foi realizado em 4 pontos de medição entre os dias 02 de junho e 13 de setembro de 2011, conforme o cronograma apresentado abaixo. O período trimestral de medições terminou em 02/09/11, mas foram incluídos neste primeiro relatório as medições executadas até a data da última manutenção e coleta de dados. A Tabela 2 apresenta as datas de instalação e registro dos equipamentos instalados nos Pontos 1, 2, 3 e 4, além das datas do levantamento com o ADCP embarcado nos Transectos 1 e 2.

Tabela 2: datas de instalação e medição dos equipamentos correntômetros utilizados

Ponto	Data Inicial	Data Final	Profundidade média (m)	Equipamento	OBS
P1	02/06	06/08	7	FSI 2D-ACM	Em canal estreito, muita vida subaquática (ouriços, peixes)
P2	02/06	13/09 *	20	Argonaut XR	Grande movimentação portuária
P3	02/06	06/08	16	FSI 2D-ACM	O mais próximo a canal de navio
P4	02/06	06/08	7	FSI 2D-ACM	Ponto mais distante, saída da baía
T1/T2	02/07	02/07	T1=3m/T2=15m	FQ 1000 c/bott track.	T1 estreito / T2 em área portuária
<b>06/08/11 - SUBSTITUIÇÃO DOS CORRENTOMETROS PELOS ADCP</b>					
P1	06/08	13/09	7	FQ 1000	ADCP tombou em 28/08/11
P3	06/08	13/09 *	16	FQ 1000	Poita foi relocada (barco na bóia)
P4	06/08	13/09 *	7	FQ 1000	Poita foi relocada (barco na bóia)
02/set/11		FECHAMENTO DO 1º TRIMESTRE MEDIÇÕES– PROSUB / EBN			

\* A última visita de manutenção e coleta de dados foi no dia 13/09. O ADCP do Ponto 1 estava tombado (dados comprovam que aconteceu no dia 02/09). Considerando que mais da metade dos dados foram coletados com os correntômetros acústicos, foi decidido incluir os dados dos pontos 2, 3 e 4 entre 02 e 13/09, para tornar mais robusta a análise dos dados de ADCP.

A área que abrange os pontos de fundeio para medição correntométrica está situada na parte oeste da Baía de Sepetiba, na área de influência da cidade de Itaguaí (Fig. 4).



Figura 5: posição dos 4 pontos de medição na Baía de Sepetiba  
(Google Earth)

O Ponto 1 representa a passagem mais estreita do conjunto de pontos, sendo localizado no Canal de Itacuruçá (entre a Ilha de Itacuruçá e o continente), o que pode gerar mais facilmente variações no nível de maré e da corrente correspondente.

Por sua vez, o Ponto 3 está localizado no trecho mais aberto do conjunto de pontos, sendo também aquele que está mais próximo de canal de navegação da demanda (entrada) dos portos da Baía de Sepetiba. O Ponto 4 localiza-se em saída da baía, e o

Ponto 2 está localizado próximo às obras do Porto de Itaguaí, EBN e Porto de Itaguaí. A Tabela 3 apresenta as coordenadas geográficas e UTM dos pontos de fundeio

Tabela 3: Coordenadas UTM e geográficas dos pontos de fundeio para correntometria PROSUB / EBN

Ponto	Coordenadas UTM E	Coordenadas UTM N	Coordenadas Geográficas S	Coordenadas Geográficas N
1	654488,631242	4860453,35414	22° 55' 23,016"	043° 52' 51,600"
2	656000,65648	4858191,67693	22° 56' 28,356"	043° 51' 37,188"
3	658611,880436	4861845,28417	22° 58' 29,172"	043° 53' 33,540"
4	661508,865121	4864726,87417	23° 00' 42,084"	043° 55' 04,620"

O levantamento com o ADCP embarcado foi efetuado navegando em duas linhas pré-configuradas próximo aos Pontos 1 e 2 (Fig. 6), sendo o Transecto 1 no Canal de Itacuruçá e T-2 entre a Ilha de Itacuruçá / Ilha do Gato e a ponta da Ilha da Madeira



Figura 6: posição dos 2 transectos para medição do ADCP embarcado (Google Earth)

## 6 – Resultados

Os resultados da análise dos dados obtidos pelas medições são apresentados graficamente e em análise estatística descritiva, divididos entre resultados gerais, e resultados por ponto.

Devido ao grande volume de dados, os dados brutos pós-processados das medições são disponibilizados em arquivos digitais no Anexo 6 (cd). Estes dados também deverão ser disponibilizados ao DHN / CHM, conforme normas do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil.

O grande volume de dados torna a representação gráfica de períodos longos de medição mais difícil, podendo tornar confusa sua interpretação, principalmente as medições do ADCP, que mede a velocidade e direção das correntes em várias camadas ao longo da coluna d'água. Em momentos das medições, podem ser observadas diferenças acentuadas de valores e até ocorrência de contracorrentes (camadas d'água correndo em direções contrárias). Embora não sejam situações anômalas, refletem na heterogeneidade e descontinuidades aparentes nos gráficos.

Os gráficos dos Anexos 1 e 2 exemplificam, respectivamente, o resultado das medições das velocidades e direções da corrente da Baía de Sepetiba nas várias camadas da coluna d'água no Ponto 3 (o mais próximo ao canal de entrada de navios), em 2 situações de Lua, entre 08 e 20 de agosto de 2011.

## **6.1 – Resultados das medições nos fundeios**

Foram realizadas medições ininterruptas durante o período amostrado (02/06 – 13/09/11), uma a cada 1hr. A representação gráfica dos vetores de velocidade e direção de corrente médios para todo o período amostral (com todos os dados), assim como diagramas de frequência dos dados de direção, são apresentados nas Figuras 7 a 14. Foi incluída representação gráfica dos sentidos de maré: V (Vazante) e E (Enchente).

Os principais valores de velocidade e direção de corrente médios para cada ciclo de maré (enchente e vazante) são apresentados nas estatísticas apresentadas nas Figuras 15 a 17. Os valores de medição da velocidade foram obtidos em mm/s, sendo transformados para nós dividindo-se por 514 (arredondamento). Por sua vez, os valores de direção magnéticas obtidos das medições foram corrigidos com a

declinação magnética local, conforme replicado na Tabela 4 (Observatório Nacional), originando os valores finais de direção verdadeira.

Tabela 4: declinação magnética de Itaguaí (RJ) no período de medições

Data	Declinação (W)
02/06/2011	-21,94
09/06/2011	-21,95
13/07/2011	-21,96
16/08/2011	-21,97
02 e 13/09/2011	-21,97

A variação da maré pode ser observada com os dados de pressão do ADP (medem a pressão da água incidente sobre o sensor de pressão do equipamento). As figuras dos Anexos 3 e 4 exemplificam os dados de variação de maré observados no período de fundeio dos ADCP dos Pontos 1 e 3, respectivamente, podendo ser calculado o desnível de maré através da subtração da maior altura pela menor altura da coluna da água.

Os gráficos polares a seguir apresentam os valores de velocidade na escala vertical em nós (equivalente a milhas náuticas por hora) e os de direção (escala polar). Sobre os dados originais plotados são inseridos os valores médios, referenciando principalmente a direção preferencial. O símbolo de cor verde E sinaliza a maré de sentido “VAZANTE”, enquanto aquele de cor azul (E) representa a maré sentido “ENCHENTE”.

Os gráficos polares a seguir apresentam os valores de velocidade na escala horizontal em nós (equivalente a milhas náuticas por hora) e os de direção (escala polar) já corrigidos pela declinação magnética local, equivalente a 21,95 graus Oeste (-21,95 graus decimais).

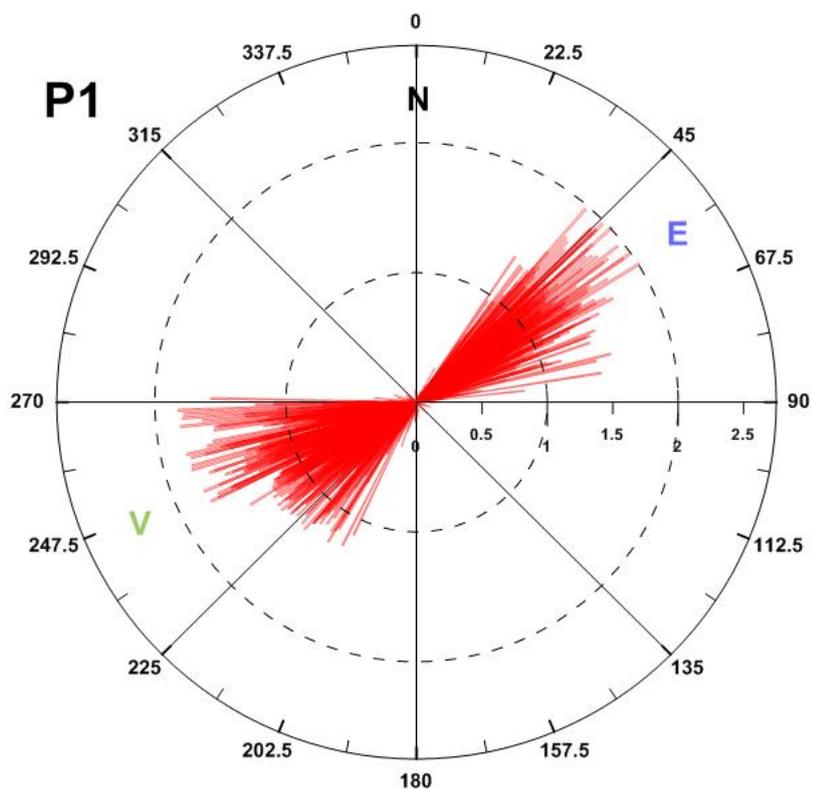


Figura 7 - Medições do Ponto P1

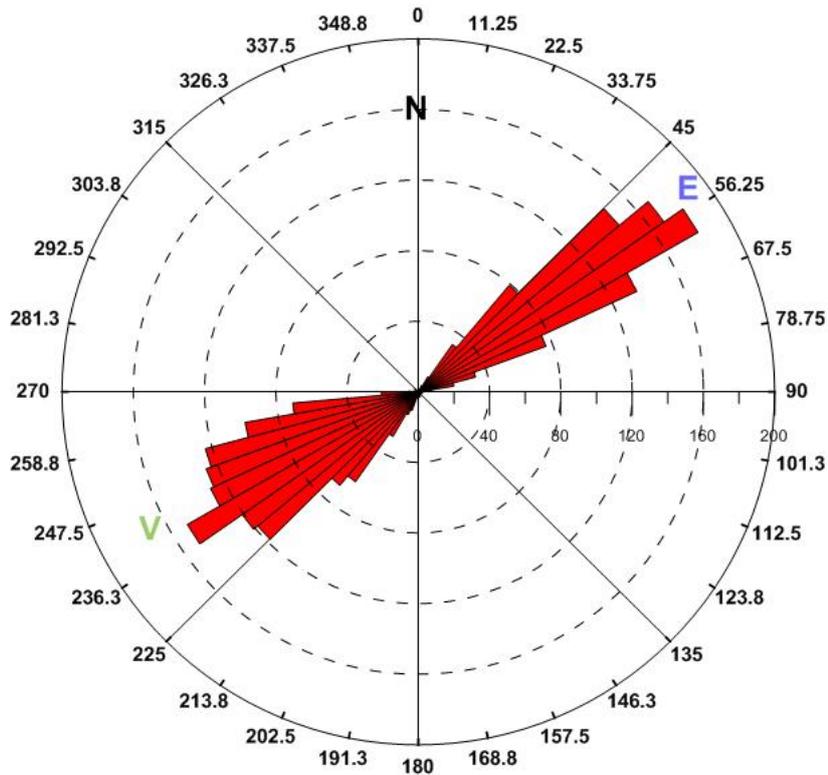


Figura 8 – Diagrama de freqüência do Ponto P1

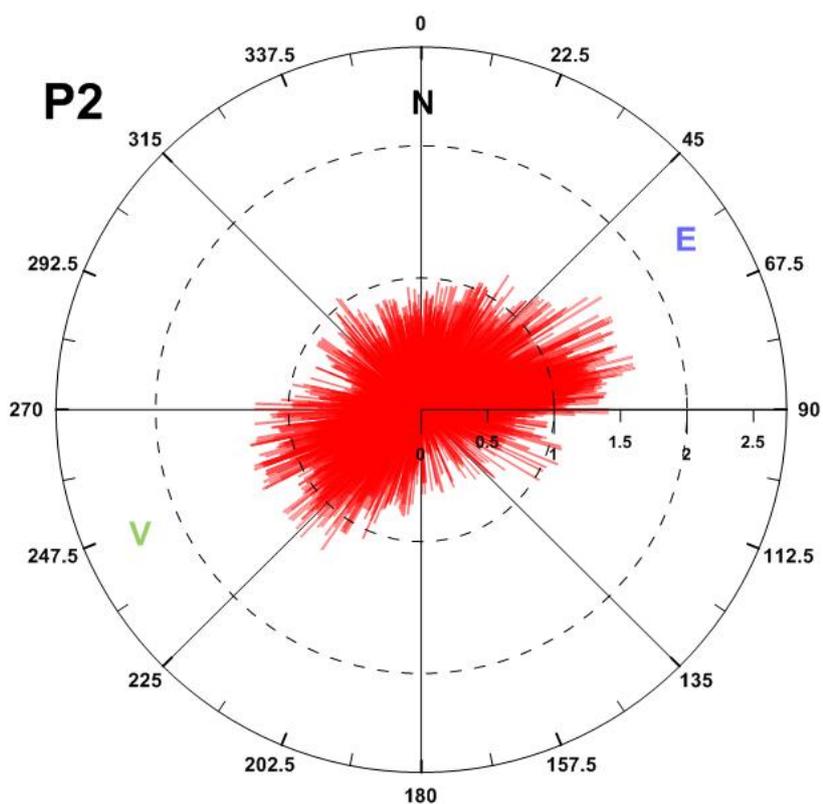


Figura 9 - Medições Ponto P 2

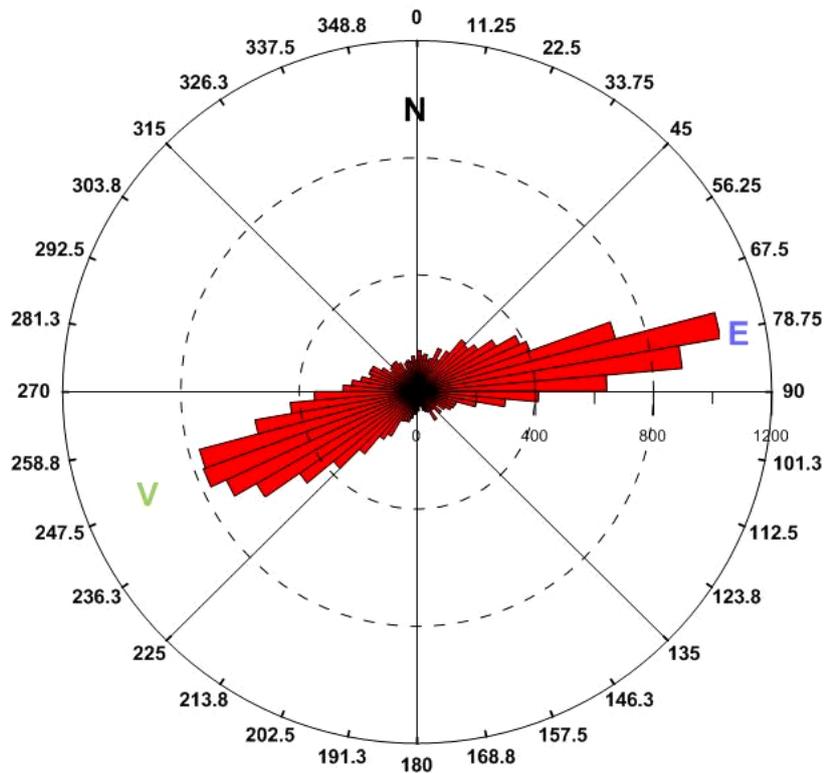


Figura 10 - Diagrama de frequência do Ponto P 2

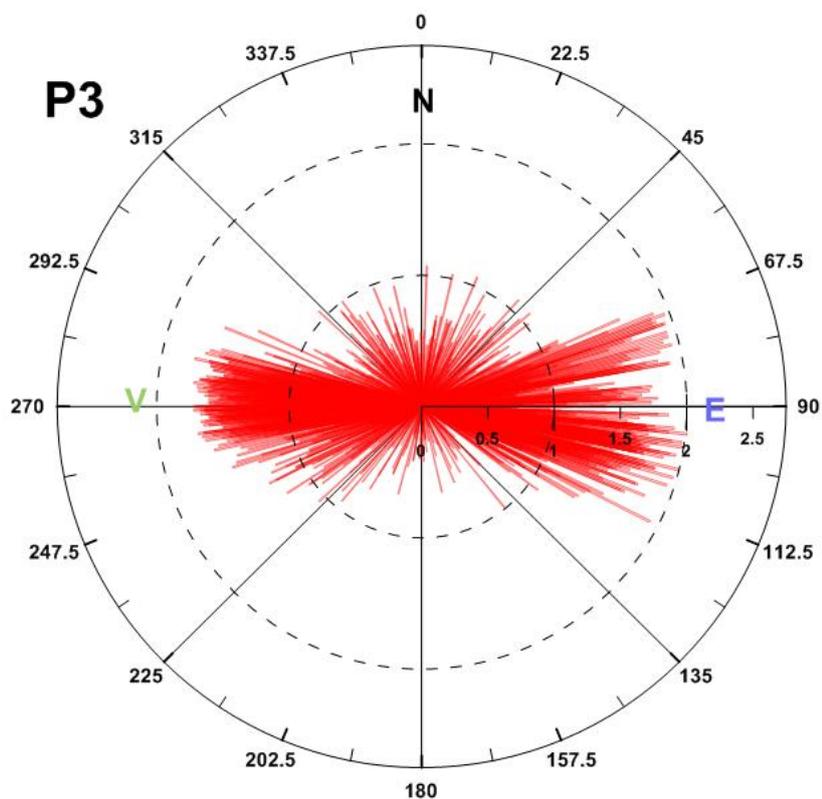


Figura 11 - Medições Ponto P 3

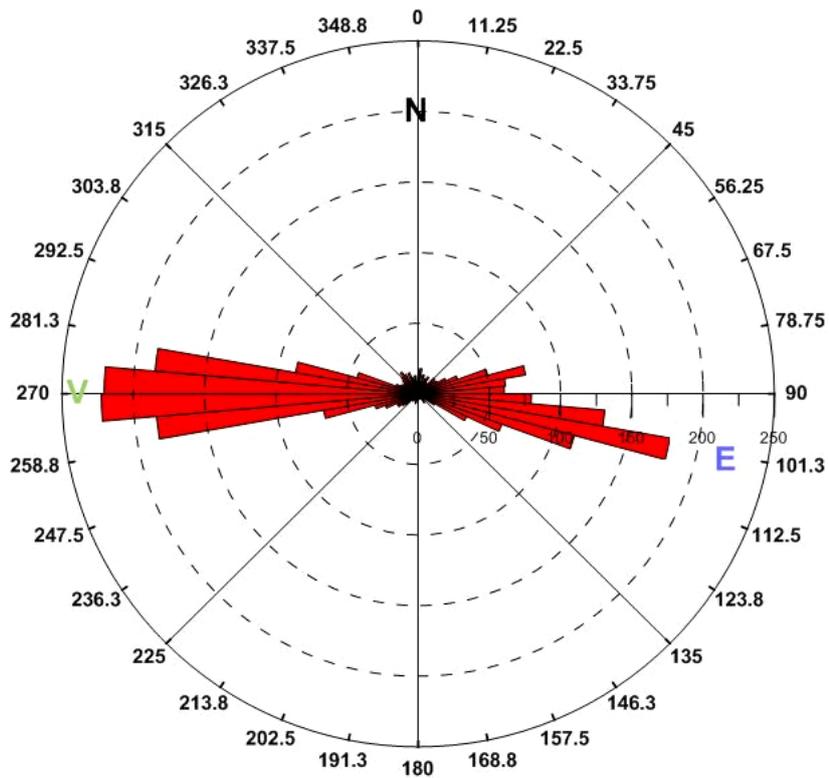


Figura 12 - Diagrama de frequência do Ponto P 3

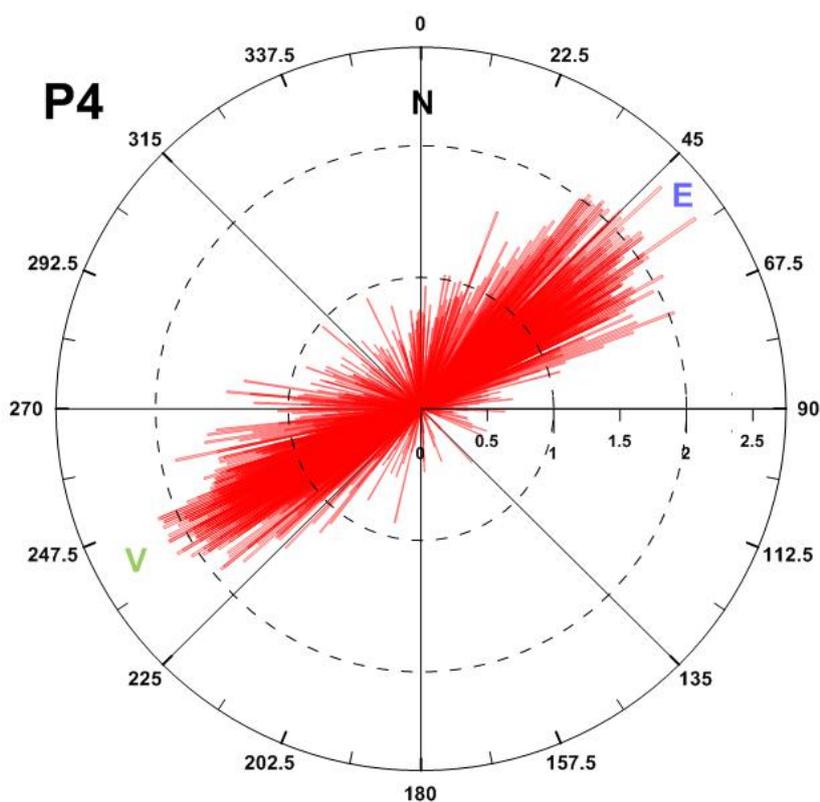


Figura 13 - Medições Ponto P 4

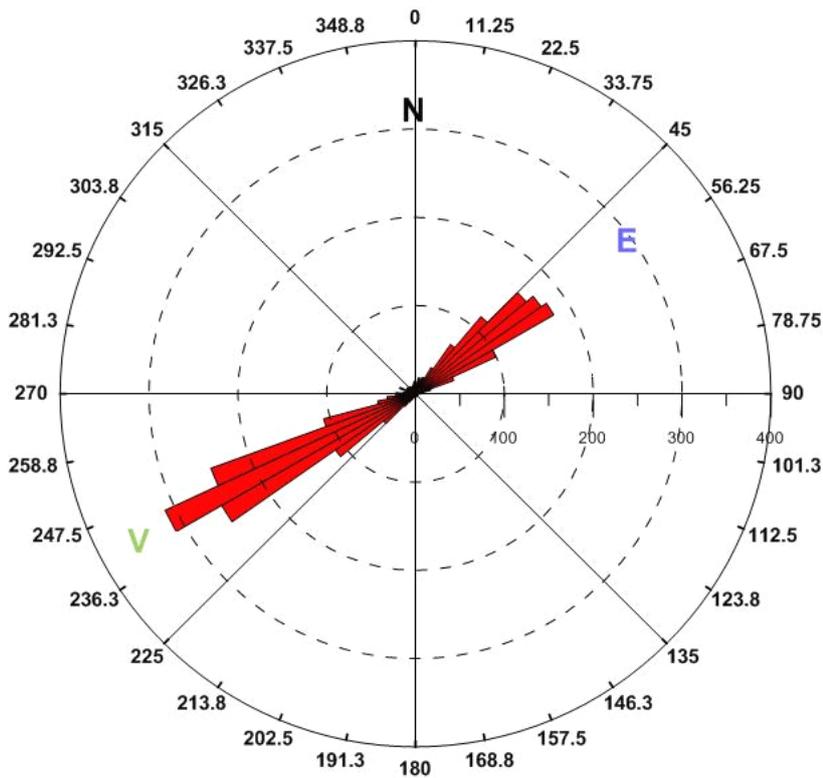


Figura 14 - Diagrama de frequência do Ponto P 4

## 6.2 – Resultados das medições embarcadas nos Transectos T1 e T2

O ADCP FQ 1000 dotado de “bottom tracking” realizou medições em tempo real (leitura e medições) em dois transectos no dia 02/07/11, T-1 (no Canal de Itacuruçá) e T-2 (entre a Ilha do Martins e ponta da Ilha da Madeira).

Para calcular o tempo de residência no Saco da Coroa Grande foram levantados dados de vazão nestas linhas, que são transversais aos canais de entrada e saída de água neste local. O tempo de residência ( $T_{res}$ ) é definido como a razão entre o volume de água da área de estudo ( $V_{area}$ ) e o somatório / fluxo das entradas e saídas de água  $|V_s|$  ( $T_{res} = V_{area} / |V_s|$ ).

A fórmula utilizada no presente estudo para cálculo do tempo de residência é  $Tr = V / Q$ , onde  $V$  é o volume total da área de estudo e  $Q$  a vazão afluente ( $m^3/s$ ). Levou-se em consideração as dificuldades inerentes ao local de estudo, mesmo executando o levantamento em maré de sizígia, na maré da Lua Nova do dia 02/07/11.

Na falta de dados batimétricos mais detalhados, o volume do Saco da Coroa Grande foi calculado com a digitalização de dados batimétricos obtidos da carta DHN mais apropriada (Porto de Itaguaí, Carta Número 1623 - 4ª edição - 2006), gerando aproximadamente  $8,63 km^2$  de área e 15 milhões de  $m^3$  de volume total d'água. Para fins de cálculo, o volume de água que circula nesta área é o superficial (afetado pela maré), que tem altura estimada entre 0,5 e 1,5m em média (nas marés de quadratura e sizígia, respectivamente). O cálculo do volume de água trocado na área será feito com a média das diferenças de altura da maré, 1,0m, resultando no volume de  $5400000m^3$ .

Os gráficos das Figs. 15 e 16 representam os valores de velocidade ao longo de camadas da coluna d'água no Transecto 1, com a profundidade do perfil transversal indicada na escala Y (vertical, em m), a velocidade indicada na legenda superior (em mm/s), e a distância horizontal percorrida na escala X (inferior, em m.).

Da visualização das leituras pode ser conferido a maior velocidade média do Transecto T-1, devido a sua menor extensão transversal (afunilamento, forma o canal natural de Itacuruçá). As áreas para cálculo das seções transversais T1 e T2 são de aproximadamente  $1920m^2$  e  $6500m^2$ . As velocidades médias vazantes estimadas pelo ADCP no modo embarcado foram de 0,138 m/s (T2) e 0,283 m/s (T1).

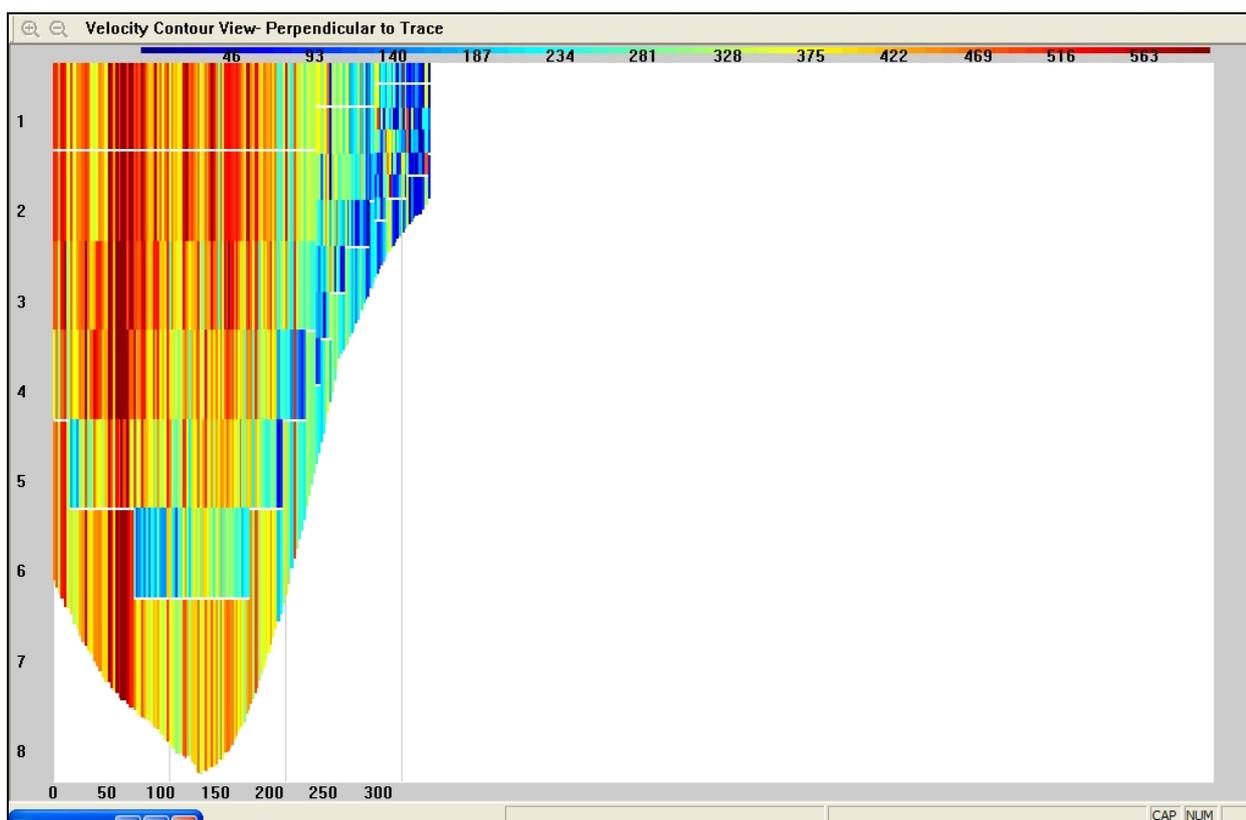


Figura 15 – Medições e leitura de dados de vazão e velocidade em tempo real – Transecto 1.

A escala vertical é a prof. (em m) e a velocidade em mm/s (escala horizontal superior). Observar maiores velocidades médias em todas as camadas d'água deste transecto (cores claras), e baixas velocidades junto ao fundo mais raso da seção (lado direito, cores azuis).

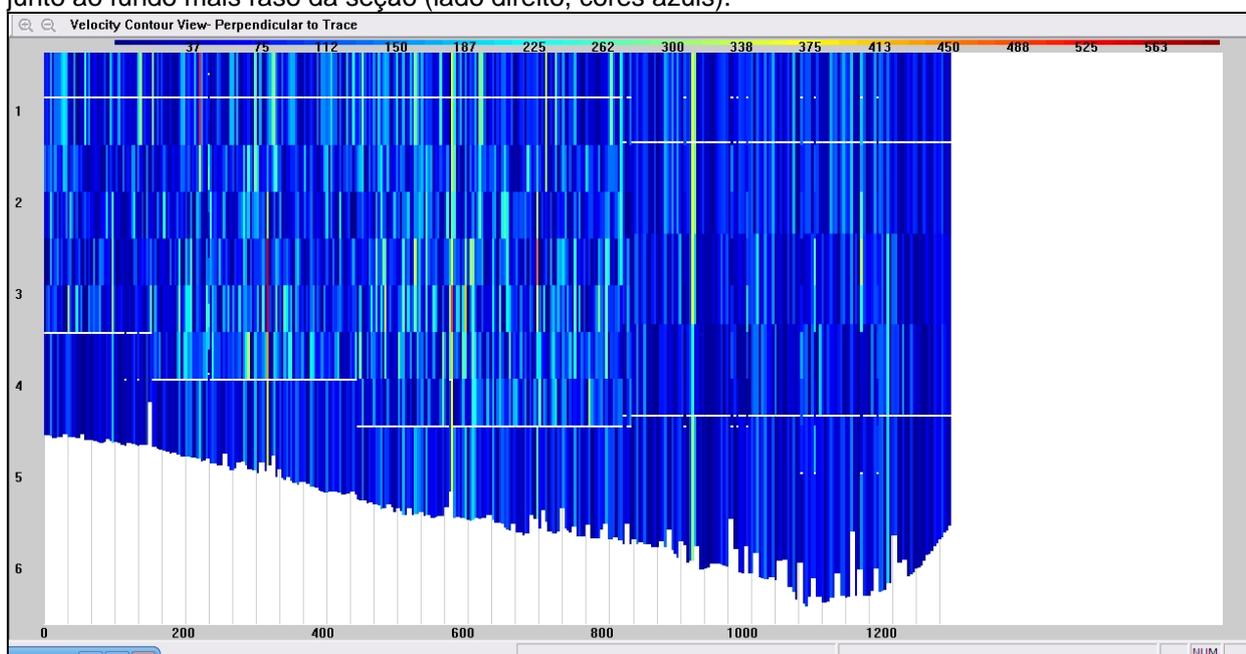


Figura 16 – Medições e leitura de dados em tempo real – Transecto 2.

Direção da corrente em graus e velocidade em nós (escala vertical). Nota-se a predominância de baixas velocidades (cores azuis).

Frente aos dados de corrente coletados no dia 02/07/11 e parâmetros utilizados para este trabalho, estimou-se a vazão média dos transectos T1 e T2 em 543,36m<sup>3</sup>/s e 897 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Utilizando a fórmula  $Tr = V / Q$ , leva a uma estimativa de tempo de residência de 3749 seg. Este resultado leva a um período total de aproximadamente 1 hr. para o tempo de residência da água superficial (1m) do Saco da Coroa Grande. Considerando que em média entram e saem 1 a 1,5m de água durante a maré sizígia, e que a profundidade média do Saco é menor que 3m, a cada maré são trocados 1/3 a 1/2 do volume total de sua água.

### Observação

Os resultados das medições efetuadas com ADCP nos transectos T1 e T2 foram utilizados no cálculo das vazões, mas 14 dos 19 transectos não resultaram em valores satisfatórios, devido à baixa velocidade média da maré, que foi assim mascarada pela velocidade da embarcação (impossibilidade do equipamento compensar a velocidade).

Sugere-se efetuar este cálculo com a utilização de equipamentos fundeados ou em outros pontos, levantando também dados físico-químicos da água (temp. e salinidade), para possibilitar identificação do tipo de água e melhor inferir sobre o tempo de residência.

## 6.4 - Análise estatística das medições correntométricas

A análise estatística geral dos resultados do levantamento correntométrico da Baía de Sepetiba foi realizada com todo o conjunto de dados, para cada um dos 4 pontos de medição. As Tabelas 5 a 8 apresentam a estatística básica dos dados referentes à velocidade da corrente (transformada em nós) e sua direção preferencial nos pontos P1 a P4 (em graus, já corrigida pela declinação do local (-21,94 a -21,97)). As Figuras 17 a 20 mostram histogramas de freqüência das direções da corrente predominantes.

Tabela 5: Estatística geral dos dados do ponto P1

VELOCIDADE (em nós – Ponto P1)		DIREÇÃO CORRIGIDA (em graus – Ponto P1)	
Média	0,57	Média	160,32
Mediana	0,46	Mediana	221
Moda	0,21	Moda	54
Desvio padrão	0,41	Desvio padrão	92,51
Máximo	2,01	Máximo	353
Contagem	2092	Contagem	2092

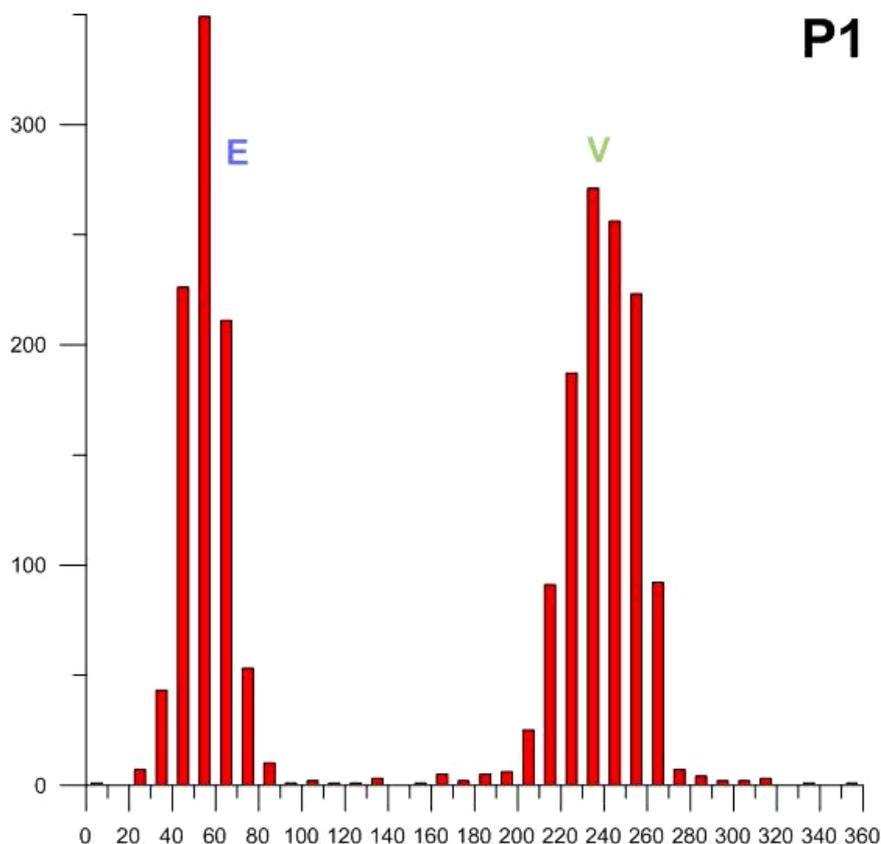


Figura 17: Histograma geral dos dados do ponto P1

Tabela 6: Estatística geral dos dados do ponto P2

VELOCIDADE (em nós - P2)		DIREÇÃO CORRIGIDA (em graus - P2)	
Média	0,39	Média	171,58
Mediana	0,34	Mediana	194
Moda	0,18	Moda	79
Desvio padrão	0,27	Desvio padrão	97,6
Máximo	1,64	Máximo	359
Contagem (N)	17283	Contagem (N)	17283

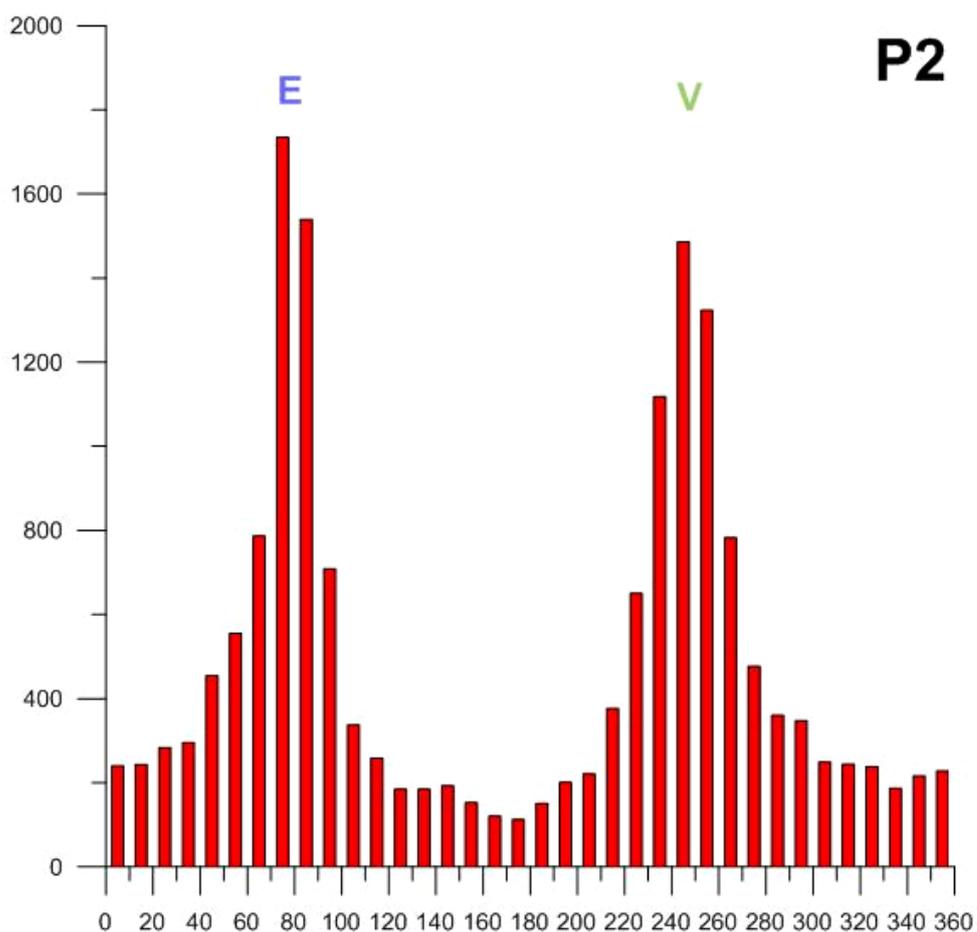


Figura 18: Histograma geral dos dados do ponto P2

Tabela 7: Estatística geral dos dados do ponto P3

VELOCIDADE (em nós – P3)		DIREÇÃO CORRIGIDA (em graus – P3)	
Média	0,68	Média	190,29
Mediana	0,58	Mediana	248,50
Moda	0,13	Moda	268
Desvio padrão	0,47	Desvio padrão	95,98
Máximo	2,01	Máximo	359
Contagem (N)	2470	Contagem (N)	2470

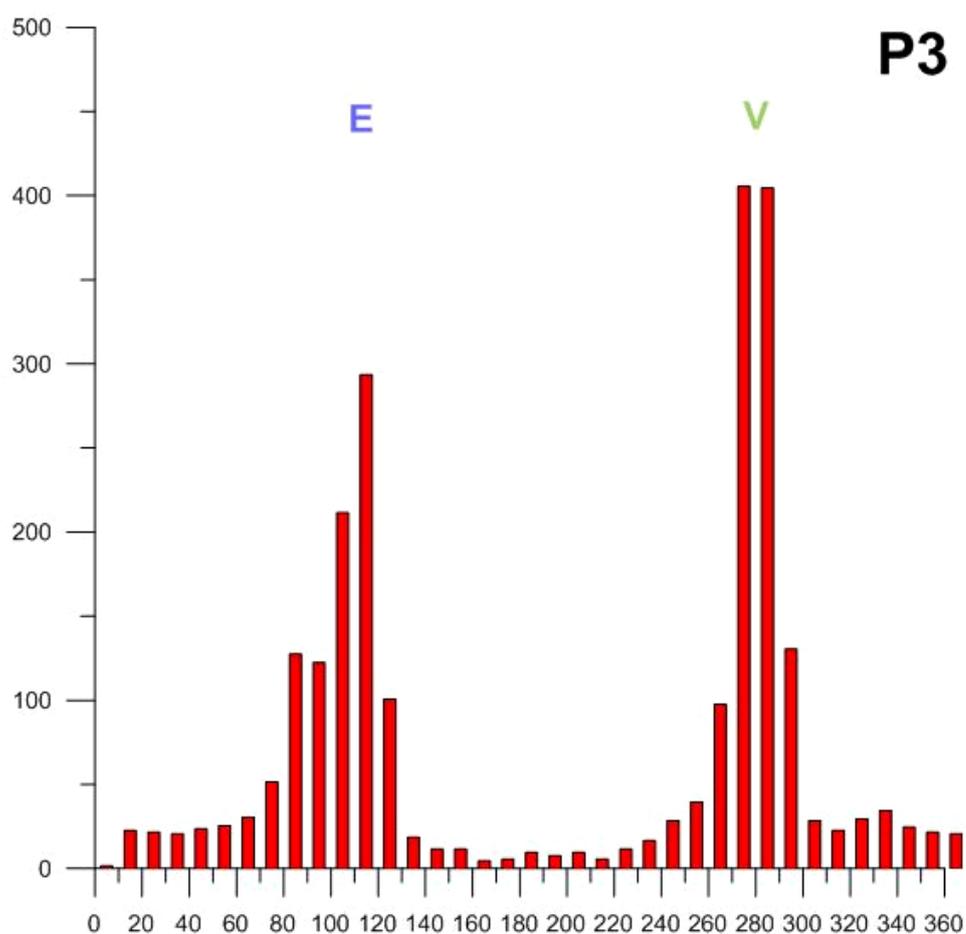


Figura 19: Histograma geral dos dados do ponto P3

Tabela 8: Estatística geral dos dados do ponto P4

VELOCIDADE (em nós – P4)		DIREÇÃO CORRIGIDA (em graus – P4)	
Média	0,78	Média	167,50
Mediana	0,68	Mediana	235
Moda	0,24	Moda	243
Desvio padrão	0,52	Desvio padrão	102,59
Máximo	2,52	Máximo	359
Contagem (N)	2478	Contagem (N)	2478

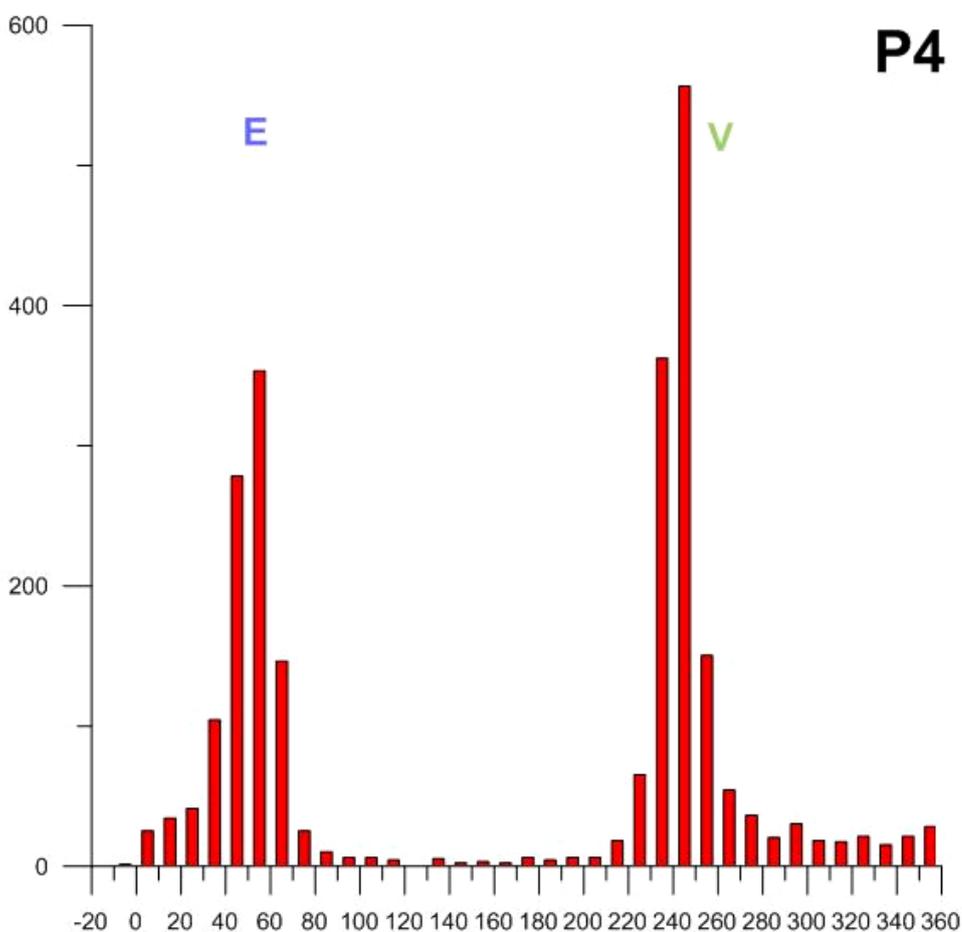


Figura 20: Histograma geral dos dados do ponto P4

As velocidades máximas medidas durante o período de medição e apresentadas nas Tabelas 5 a 8 foram respectivamente de 2,01 nós (P1), 1,64 (P2), 2,01 (P3) e 2,52 nós (P4). Este último dado teve influência do vento SSW, que soprou forte durante o período, aumentando a velocidade da maré enchente. As direções predominantes das correntes (utilizando a Moda) dos dados levantados neste período foram 54 graus (P1), 79 graus (P2), 268 graus (P3) e 243 graus (P4). Devido à diferença grande entre as velocidades de maré parada e correndo, e entre as direções medidas de maré vazante e enchente (equivalente muitas vezes a 180°), o desvio padrão costuma ser alto na estatística dos resultados. Esta diferença cai nas análises realizadas por maré (enchente ou vazante), quando há uma uniformidade natural nos resultados deste dado.

A seguir, são apresentados os resultados mais representativos da análise estatística por maré (ENCHENTE ou VAZANTE) dos dados gerais dos pontos P1 a P4 (Tabela 9).

Tabela 9: Estatística descritiva dos dados de maré enchente e vazante (P1 a P4)

	VELOCIDADE - ENCHENTE				DIREÇÃO - ENCHENTE		
	Máxima	Média	Moda	Desv.Pad	Média	Moda	Desv.Pad
P1	2,01	0,59	0,11	0,44	69,59	54	49,87
P2	1,64	0,43	0,18	0,3	140,78	77	97,89
P3	2,05	0,63	0,2	0,44	111,73	102	63,08
P4	2,52	0,78	0,16	0,55	77,99	52	78,42

	VELOCIDADE - VAZANTE				DIREÇÃO - VAZANTE		
	Máxima	Média	Moda	Desv.Pad	Média	Moda	Desv.Pad
P1	1,82	0,55	0,24	0,39	232,09	251	41,16
P2	1,55	0,36	0,18	0,24	195,96	252	90,21
P3	1,75	0,51	0,23	0,37	244,32	268	75,77
P4	2,15	0,79	0,63	0,50	238,02	243	51,84

Os resultados da análise estatística geral dos dados de maré enchente e vazante confirmam a maior extensão temporal média da maré vazante (acima de 25%). A tábua de marés do DHN para o período corrobora estas observações.

Os valores máximos de velocidade da corrente nos Pontos 1 a 4 aconteceram na maré enchente (máximo = 2,52 nós, com vento SSW), enquanto na maré vazante o valor máximo medido foi de 2,15 nós. Os valores médios da máxima velocidade da maré em cada ponto foi de 2,06 nós na maré enchente e 1,82 nós na maré vazante.

Considerando a diferença de direção dos eixos longitudinais dos canais de fluxo de cada ponto, foram encontradas as seguintes direções modais da corrente:

- Direção Maré Enchente: 54 graus (P1), 77 graus (P2), 102 graus (P3) e 52 graus (P4).
- Direção Maré Vazante: 251 graus (P1), 252 graus (P2), 268 graus (P3) e 243 graus para o Ponto P4.

Os valores médios de direção foram de 100,02 graus para maré enchente e 227,6 graus para maré vazante.

## **7 – Conclusões**

Os valores médios de velocidade e direção apresentados, confirmados pela estatística descritiva (ver Tabela 9, por exemplo), indicam certa uniformidade na direção da corrente de maré, influenciada por fatores como ser protegido ou não do vento (como P4 em contraposição a P1), largura (P3 e P4, contrapostos a P1) e profundidade ou proximidade de canal (P3 e P2).

Os valores de velocidade mais encontrados em todos os pontos foram de 0,11 nós a 0,2 na maré Enchente, e 0,18 e 0,63 nós para a maré Vazante. Desta forma, a maré vazante apresentou valores de velocidade modais maiores que a de enchente, assim como apresentou duração temporal maior no período de medição (+ 25%). Por outro lado, os maiores valores máximos de velocidade ocorreram durante a maré Enchente.

As velocidades da corrente de maré situaram-se entre 0 e 2,5 nós, e sua direção predominante (corrigida pela declinação magnética) foi entre 54 e 102 graus para a maré Enchente, e entre 243 e 268 graus para a maré Vazante.

A amplitude média da maré foi registrada pelos ADCP (exemplos nas figuras dos Anexos 3 e 4, P1 e P3) e ficou em até 2m durante período de sizígia (Luas Nova e Cheia), particularmente no Ponto P1, mais estreito.

## 8 – Composição da Equipe

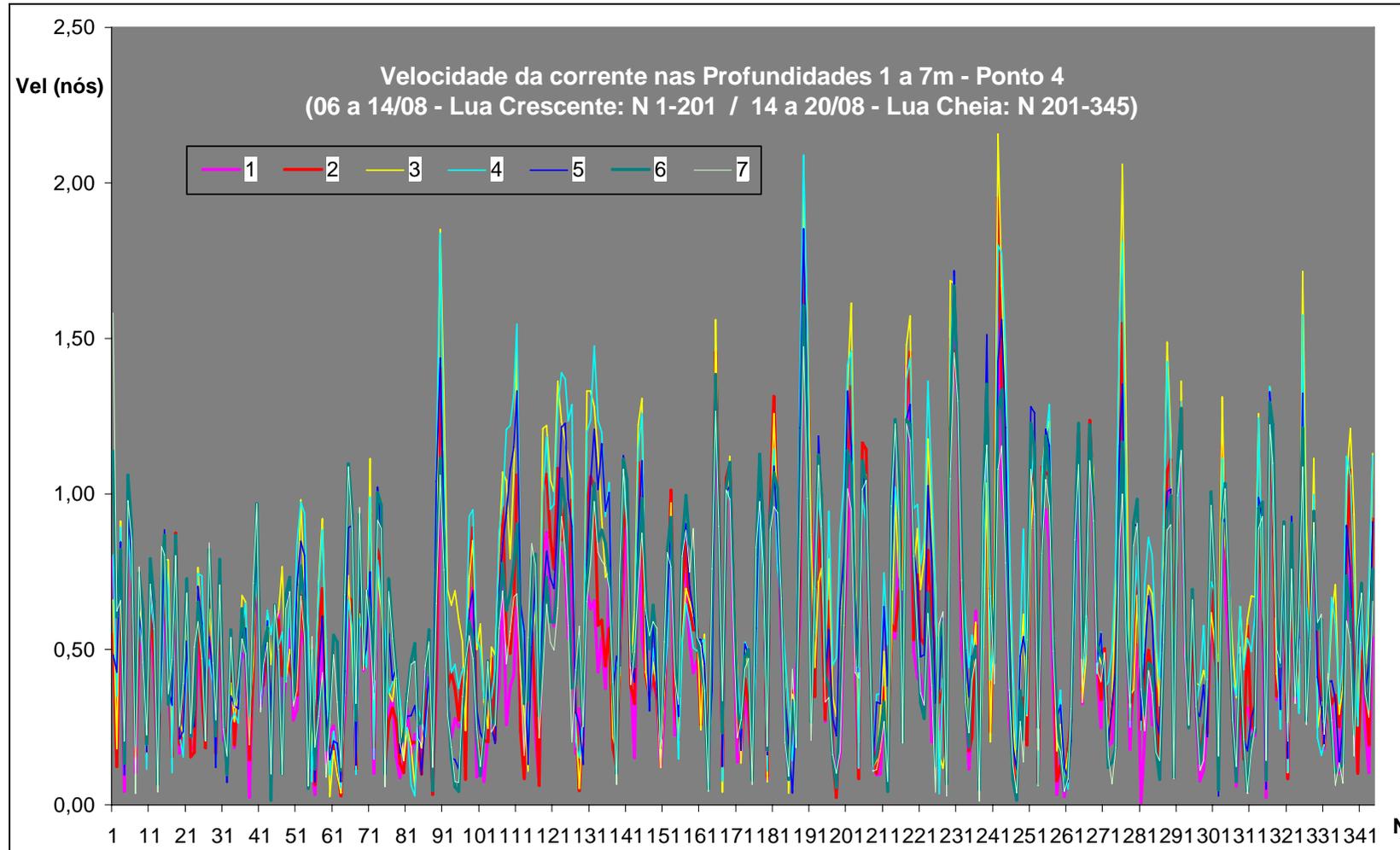
Este trabalho foi realizado pela seguinte equipe:

Profissional	Formação	Etapa
Dirceu Eliseire Junior	Oceanógrafo / MSc. Oceanografia Biológica	Medição / Coordenação
Pieter Luiz do Amaral	Técnico Ambiental / Operações oceanográficas	Vistoria / Manutenção
Kurt Schmid	Geógrafo	Pós-processamento
Marcus H. Eliseire	Técnico ambiental	Vistoria / Manutenção

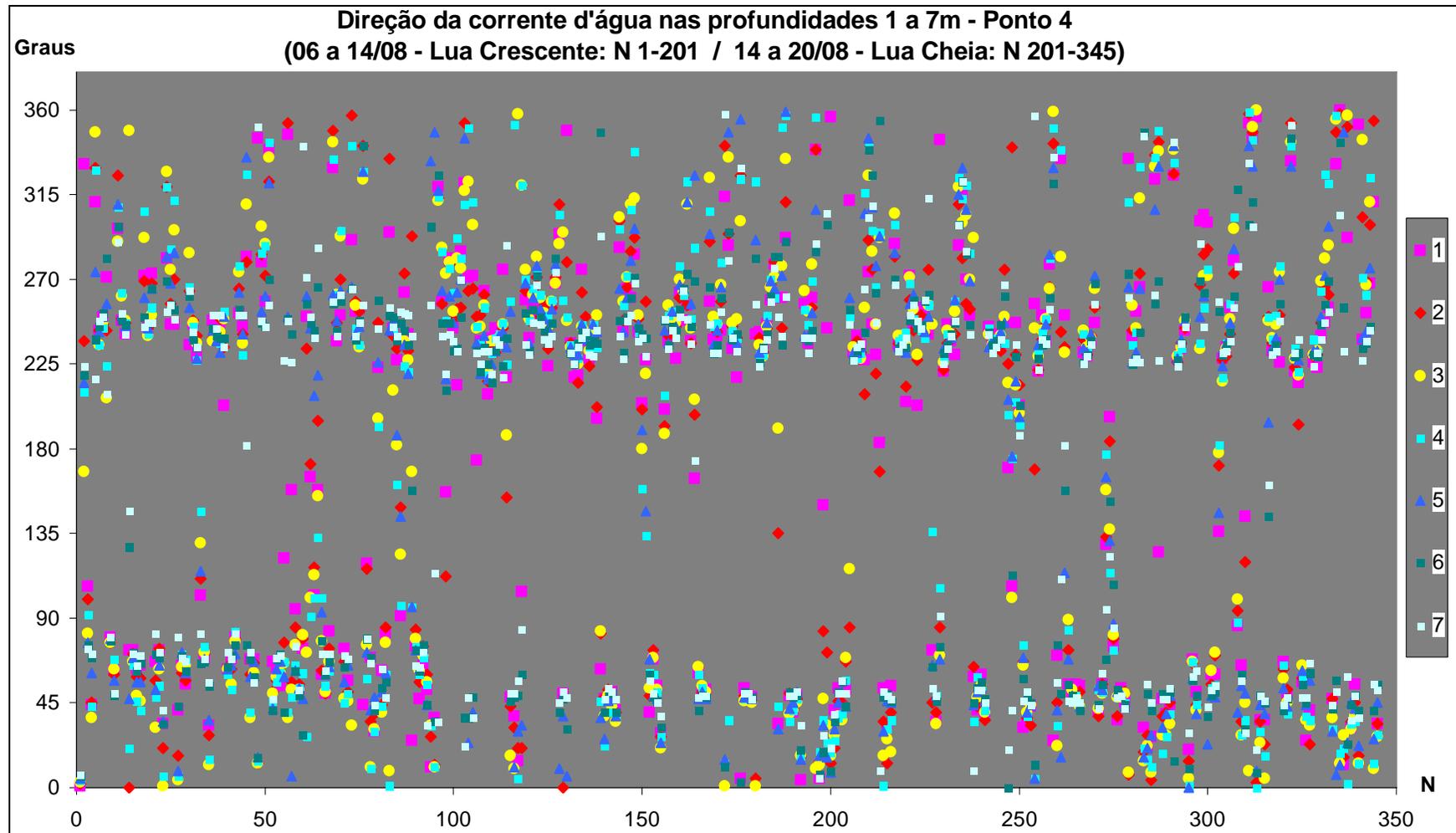


Dirceu Eliseire Junior  
Coordenador

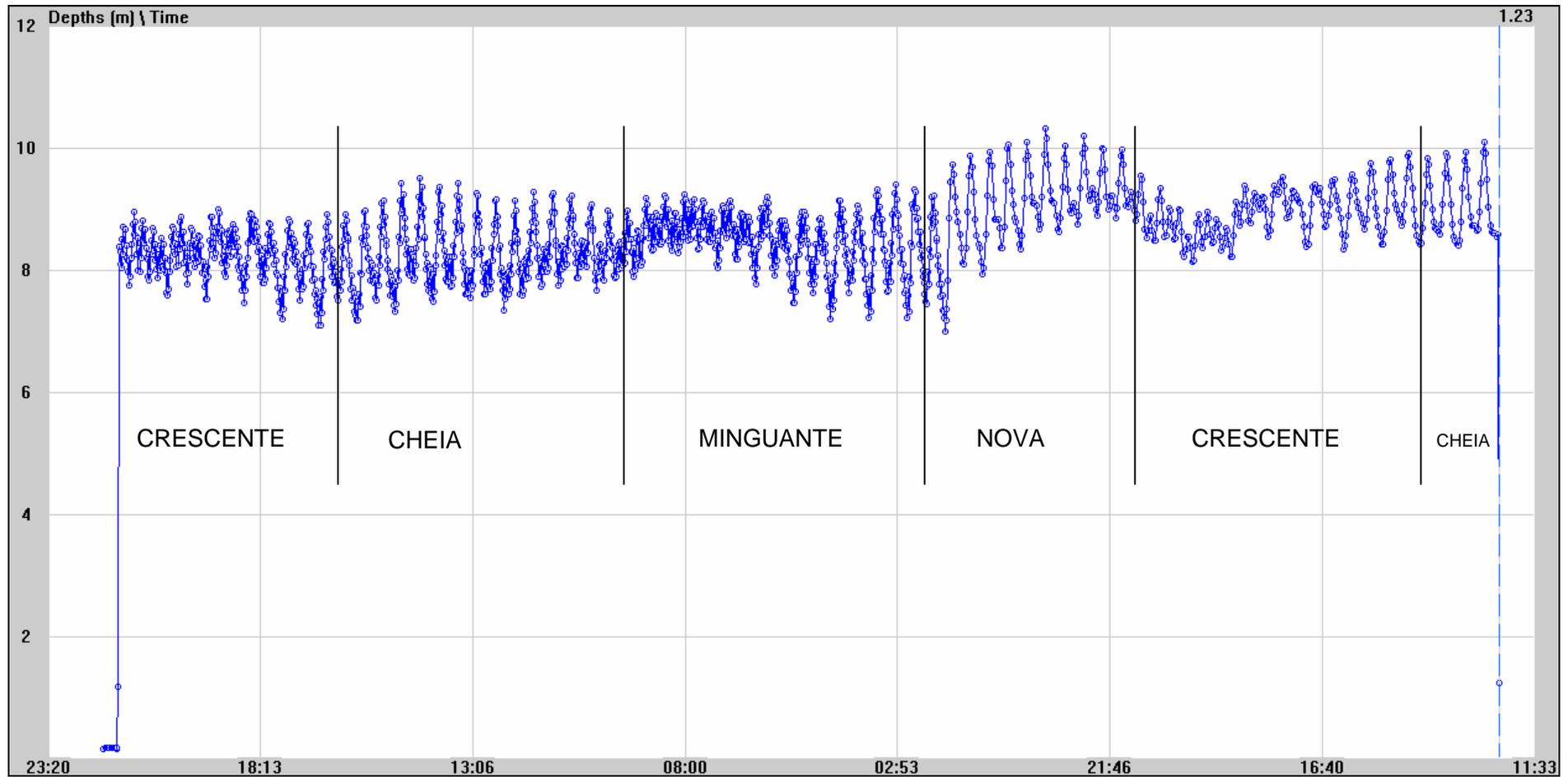
Anexo 1 – Representação gráfica da velocidade da corrente ao longo da coluna da água - Baía de Sepetiba – Ponto 3 - 08 a 20/08/11



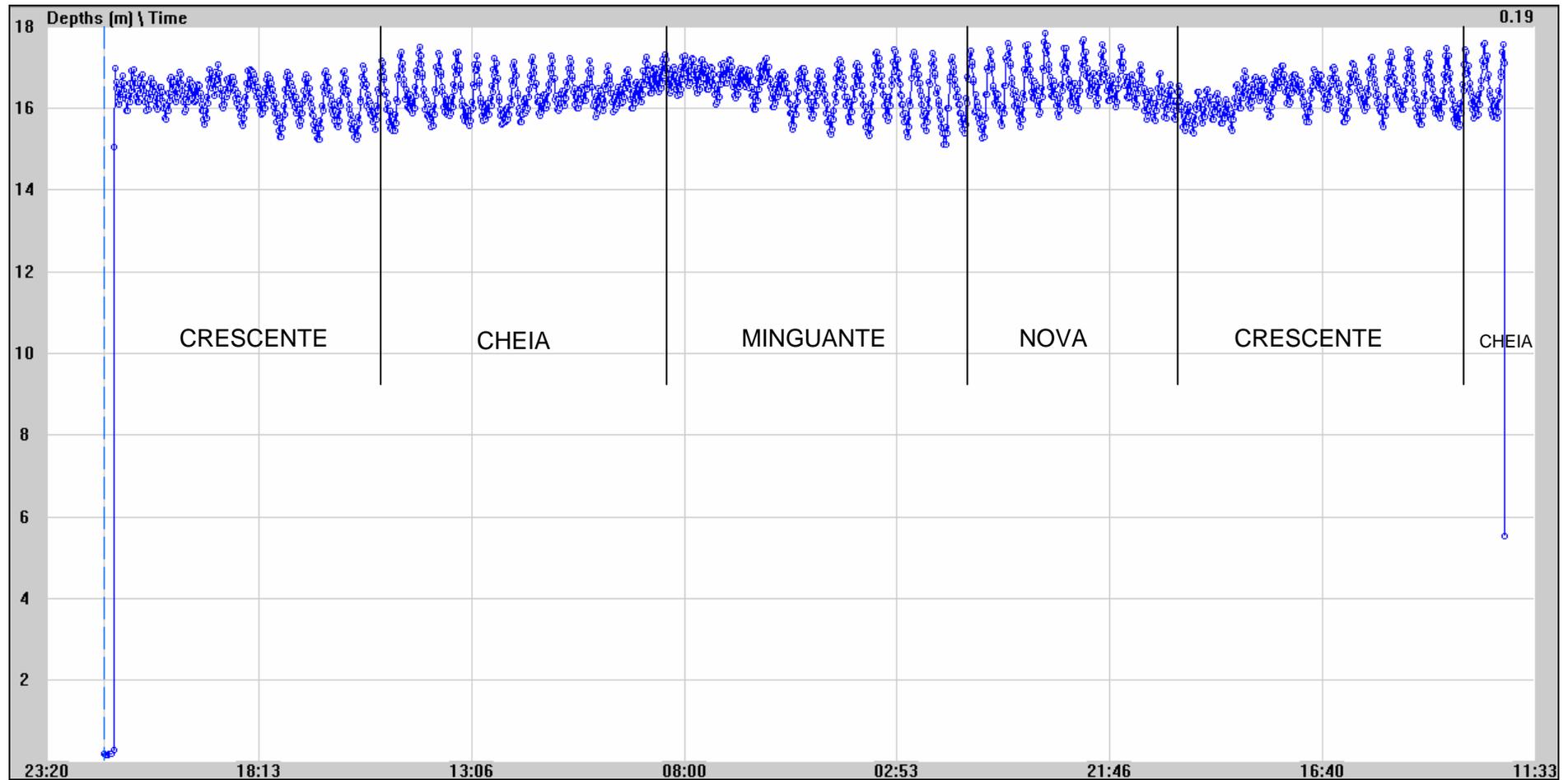
Anexo 2 – Representação gráfica da direção da corrente ao longo da coluna da água - Baía de Sepetiba – Ponto P3 - 08 a 20/08/11



Anexo 3 – Representação gráfica da maré - Baía de Sepetiba – Ponto P1 - 06/08 a 13/09/11 (sensor do ADCP a 8m prof. médios)



Anexo 4 – Representação gráfica da maré - Baía de Sepetiba – Ponto P3 – 06/08 a 13/09/11 (sensor do ADCP a 16m prof. médios)



---

## Anexo 5 – Cópia do Cadastro Técnico Federal da Hidrosfera (CTF IBAMA)



Ministério do Meio Ambiente  
**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais  
Renováveis**



**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE**

Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
<b>298392</b>	<b>03.955.616/0001-04</b>	<b>19/11/2011</b>	<b>19/02/2012</b>

Nome/Razão Social/Endereço

**Hidrosfera Oceanografia e Consultoria Ambiental LTDA.  
Rua Buenos Aires, 02/1602 - Centro  
20070-022 - RIO DE JANEIRO/RJ**

Este certificado comprova a regularidade no

**Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental**

**Consultoria Técnica Ambiental - Classe 6.0**

Qualidade do Ar  
Qualidade da Água  
Qualidade do Solo  
Uso do Solo  
Educação Ambiental  
Recursos Hídricos  
Controle da Poluição  
Recuperação de Áreas  
Eletricidade  
Auditoria Ambiental  
Gestão Ambiental  
Ecossistemas Terrestres e Aquáticos  
Segurança do Trabalho

Observações:

1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente:  
2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema.  
3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente.  
4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.

A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie.

Autenticação

**9vj1.lnlg.vxnm.anjm**

---

**Anexo 6 – Cópia digital dos dados brutos pós-processados – PROSUB EBN (P1,P2, P3,P4)**